



Arreglos Piezoeléctricos 2-D Usando Tecnología de Película Gruesa

S. Gwirc, C. Negreira, S. Tropea, N. Pérez

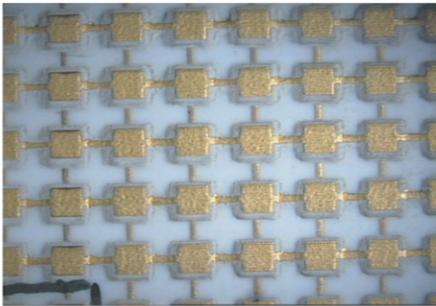


Figura 1: Foto de un arreglo de transductores piezoeléctricos de película gruesa fabricado por el CITEI

Introducción:

Los sistemas de diagnóstico por ultrasonido convencionales se encaminan a pasos acelerados a utilizar arreglos de transductores 2-D (dos dimensiones) para implementar el enfoque dinámico, obtener mejor definición y lograr imágenes en 3-D. Para lograrlo se debe reducir el tamaño y el consumo de potencia de los elementos del arreglo, pero esto conduce a una baja capacidad estática y una impedancia eléctrica alta cerca de la resonancia que trae como consecuencia una baja sensibilidad en la recepción debido a un pobre acoplamiento con la impedancia del cable de conexión.

El CITEI encaró este problema con un enfoque distinto del habitual, para realizar el arreglo, partiendo de una pintura de película gruesa preparada como una suspensión de polvos de PZT (Titanato Zirconato de Plomo), aglutinantes orgánicos e inorgánicos, plastificantes y solventes para lograr la reología adecuada. Los elementos cerámicos son impresos mediante serigrafía de alta definición. Antes que la pintura PZT sea aplicada sobre el sustrato aislante, se imprime y sinteriza el conjunto inferior de electrodos y luego de depositada la capa de PZT se realiza un electrodo superior con las correspondientes terminaciones para el cableado.

De esta forma se obtienen elementos de baja impedancia eléctrica en resonancia serie para cada uno de ellos y una frecuencia de resonancia de aproximadamente 5 MHz. Debido a la estructura de baja densidad, la impedancia acústica es aproximadamente la mitad de la del PZT convencional, lo que es importante para lograr un buen acoplamiento con el tejido humano. Sus características resonantes fueron medidas en un medio líquido utilizando un hidrófono en régimen estacionario e impulsivo. Estos resultados permiten vislumbrar las enormes posibilidades de aplicación de estos transductores en el área de equipos de imágenes por ultrasonido, tanto en aplicaciones médicas como industriales.

Caracterización de los transductores:

Para determinar las características acústicas de los transductores se utilizan dos métodos de caracterización que se describen a continuación.

Método de Schlieren: Estas mediciones permiten determinar el campo de emisión acústica de los transductores. El efecto Schlieren, es una aplicación de difracción de la luz por una onda acústica que se propaga en un medio líquido. En la figura 5 se muestra un sistema óptico de Schlieren, donde algunos haces difractados de primer orden pueden verse en línea punteada. Para la obtención de las fotos del campo acústico se reemplaza la pantalla por una cámara con la que se adquiere la imagen para luego procesarla en una computadora. La figura 4 muestra una imagen obtenida por este método de un arreglo en el cual se excitaron dos elementos simultáneamente.

Medición con Hidrófono: Se usa para obtener la respuesta acústica. Consiste en recorrer la superficie de la muestra con un hidrófono que se mueve mediante un sistema motorizado controlado por computadora que puede posicionarlo y ordenar el barrido en frecuencia. El hidrófono se acopla a la muestra mediante un aceite que transmite las vibraciones del piezoeléctrico. Este último es excitado mediante un generador senoidal que varía entre 1 y 10 MHz.

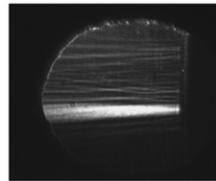


Figura 2

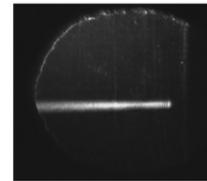


Figura 3

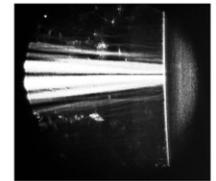


Figura 4

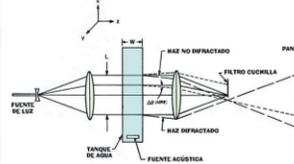


Figura 5: Método de Schlieren

Las figuras 2 a 4 muestran resultados obtenidos por el método de Schlieren.

En las figuras 2 y 3 se obtuvieron excitando un solo elemento. La figura 2 corresponde a la primera resonancia (4,6 Mhz). En la misma se observa como otros elementos del arreglo, no excitados, también emiten. La figura 3 es la emisión resonante correspondiente a 7,6 Mhz, observese como la misma corresponde solo al elemento excitado.

La figura 4 fue tomada excitando dos elementos del arreglo.

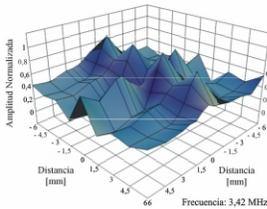


Figura 6: Resultados de la medición con hidrófono excitando un elemento.

PROPIEDAD	UNIDADES	PVDF	PZT	PZT + PG	BATIO.
Densidad	(10 ³) kg/m ³	1,8	7,5	6,2	5,7
Cte. Dieléctrica	ε/ε ₀	12	1200	400	1700
Módulo de Carga d ₃₃	(10 ⁻¹²) C/N	-33	310	106	280
Módulo de Tensión R ₃₃	(10 ⁻¹¹) Vm/N	-339	24	-	14
Acoplamiento EM k ₃₃		0,29	0,65	0,31	0,45
Velocidad del Sonido	m/s	1500	3800	2650	5300
Impedancia Acústica	(10 ⁷) kg/m ² s	2,7	30	-15	30

Tabla 1: Comparación de los parámetros característicos de distintos materiales.

Ventajas para el uso en imágenes:

Los transductores de película gruesa tienen excelentes características para el uso en imágenes médicas. La tabla 1 muestra una comparación de los principales parámetros de nuestros transductores cuando se los compara con otros materiales comúnmente usados para construirlos.

La densidad del material y la velocidad de propagación del sonido en el mismo determinan la impedancia acústica. Es muy importante lograr que la misma sea lo más similar posible a la del agua que es el principal elemento constitutivo de los tejidos humanos. La impedancia acústica del agua 1,5x10⁶ kg/m²s, en la tabla comparativa se observa que los transductores de película gruesa tienen ventajas sobre las cerámicas convencionales de PZT y el titanato de bario (B₁TiO₃).

Otra característica importante es la constante dieléctrica del material, la misma debe ser lo más alta posible para que la capacidad del transductor sea superior a la de los cables que lo conectan con los amplificadores y de esta manera se pierda la menor cantidad de energía en los mismos. En la tabla comparativa se observa como estos transductores son mucho mejores que los de PVDF.

La resolución en el eje transversal depende del Q mecánico del transductor, cuanto menor es el Q mejor es la resolución. Los transductores de película gruesa poseen un Q menor al de los otros transductores.

Adicionalmente las características mecánicas son muy buenas. A diferencia del PVDF los transductores de película gruesa son robustos y tienen la ventaja de poder ser realizados sobre variedad de sustratos y con virtualmente cualquier forma.